



گروهی که باید از نتیجه این فن آوری استفاده کنند، گفت: «الان سطح زیر کشت برنج که در حال ترویج شدن هست، هر سال در حال افزایش است. ضمن این که دقیقا به صرفه است چون افزایش عملکرد دارند و حتی گفتند رقم طارم تا ۸ تن در هکتار محصول داده که خیلی بیشتر از نمونه‌های غیر پر تودهی شده است.»

### ❖ ردیابی در آب و خاک با فن آوری هسته‌ای

مدیر گروه خاک و آب پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای در کرج آخرین مدیری بود که پای گفت‌وگو با خراسان نشست و از تاثیر فن آوری هسته‌ای در عرصه خاک و آب گفت: «می‌توان با استفاده از ردیاب‌های هسته‌ای مثل اکسیژن ۱۸ و دوتریوم سن آب‌های زیرزمینی و مکان و میزان سفره‌های آب زیرزمینی و منشأ آن‌ها را به دست آورد، یا این که اگر تغذیه نمی‌شوند، چگونه باید آن منابع را مدیریت کرد. ما ردیاب‌های هسته‌ای داریم که می‌توانند آب مورد نیاز گیاهان را مشخص کنند که در صرفه‌جویی آب کشاورزی ما اثر زیادی دارد. علاوه بر آب عناصری مورد نیاز گیاه در خاک است که باید از خاک جذب و دوباره در خاک تامین شود. هر عنصری یک ایزوتوپ دارد و ما از طریق فن آوری هسته‌ای این ایزوتوپ‌ها را تهیه می‌کنیم و می‌فهمیم که هر عنصر غذایی فعالیتش در خاک چگونه است و باید چگونه مدیریت شود و چه مقدار در خاک قرار گیرد و چه مقدار و چه زمانی گیاه جذب کند. امثال ایزوتوپ‌های پایدار مثل نیتروژن، فسفر و پتاسیم و گوگرد، به نوع دستگاہی که در کشور داریم، برخی را می‌شود غنی‌سازی و در کودهای شیمیایی وارد کرد و به گیاه داد. فسفر ۳۲ که ایزوتوپ رادیواکتیو است در راکتور تهران تولید می‌شود که کاربردش در ردیابی عنصر فسفر در خاک و گیاه است. به جای این که کشاورز کود زیادی بدهد می‌توان این نیاز و زمان را مشخص کرد تا هزینه‌ها کاهش یابد. این عناصر طوری هستند که باید متناسب باشند تا ضرری برای گیاه نداشته باشند. وقتی این‌ها به میزان مناسب تامین شوند، افرادی که از این محصولات استفاده می‌کنند کمبود کمتری از نظر وجود آهن یا منیزیم یا روی و... خواهند داشت و برخی فقرهای عناصر را می‌توان کاهش داد که به سلامت مردم هم کمک می‌کند. برخی ردیاب‌ها برای فرسایش خاک به کار می‌روند. مثلاً سدهایی که احداث می‌شوند با استفاده از برخی از این ایزوتوپ‌ها از جمله سزیم ۱۳۷، سرب ۲۱۰ و برلیوم ۷ می‌توانید در بازه‌های زمانی مختلف میزان فرسایش خاک که بسیار نامحسوس هم هست را شناسایی و مدیریت کرد تا خاک شست‌وشو نشود و به مخزن سد آسیب برساند.»

نمونه وسط میله‌های کبالت ۶۰ باقی بماند، شدت اشعه‌ای که دریافت می‌کند کم و زیاد می‌شود که ما به آن دوز می‌گوییم. نکته خطرناک در این میان این است که اگر این کبالت ۶۰ ماده غذایی ما را لمس کند، آن ماده غذایی رادیواکتیو می‌شود و آلوده است. البته در این دستگاه حفاظ ایمنی وجود دارد که نمی‌گذارد این اتفاق بیفتد. در مجموع اشعه گاما و انرژی ناشی از این اشعه باعث می‌شود تا تغییرات مورد نظر ما در ماده صورت بگیرد. البته این پر تودهی مستقیم به صورت تحقیقاتی در این جا صورت می‌گیرد و نتیجه این تحقیقات وقتی می‌خواهد تجاری شود به مراکزی که دستگاه پر تودهی تجاری دارند منتقل می‌شوند.»

### ❖ اصلاح نژاد موز، برنج و گل رز با فن آوری هسته‌ای

در محطه باز این پژوهشکده گلخانه‌ای نسبتاً بزرگ وجود دارد که در آن انواع گیاهان کاشته شده و مورد آزمایش قرار می‌گیرند. این که احساس کنی در میان گیاهانی پر تودهی شده قدم می‌زنی، شاید مثل احساس حضور در یک پارک عادی نباشد و زمانی کار سخت‌تر می‌گردد که مدیر این بخش تکه‌ای از سبزی‌های باغ خودش را به شما تعارف کند. با تردید سبزی تعارف شده را که شیرینی خاصی داشت، خوردم و از او در مورد کار این مجموعه پرسیدم که پاسخ داد: «کار گروه اصلاح نباتات ایجاد تنوع ژنتیکی در گیاهان است که ما برای این کار از تکنولوژی هسته‌ای و پر توگاما استفاده می‌کنیم. پر توگاما وقتی به گیاهان بر خورد می‌کند باعث ایجاد صفات جدید می‌شود که بسته به نوع گیاه ممکن است فرق کند مثلاً در موز یا سیب‌زمینی یا گل رز که غیر جنسی هستند از پر تودهی به جوانه استفاده می‌کنیم ولی در اصلاح بعضی گیاهان مثل برنج یا پنبه یا کلزا از بذر استفاده می‌شود چون پر تودهی به صورت تصادفی انجام می‌شود، همیشه یک جمعیت بیشتری را در نظر می‌گیریم تا احتمال وقوع صفت ما بیشتر شود. بعد باید غربال‌گری کنیم. مثلاً پروژه موز ما برای افزایش تحمل شوری آب و خاک در استان سیستان و بلوچستان بود که ما برای این که این صفات را ایجاد کنیم حدود ۱۵ گیاهچه موز را پرتوتایی و در همان محیط کشت به آن نمک اضافه کردیم. در این مرحله حدود ۱۲ هزار گیاهچه ما از بین رفت و ۳ هزار تا باقی ماند که این ۳ هزار تا را به گلخانه و در گلدان بردیم و آبیاری شور کردیم که در این مرحله هم به ۲۵ عدد رسید. این ۲۵ درختچه را در چاهبار در زمین‌های شور و آب شور کاشتیم که همه این‌ها با مقاومت خوبی روبه‌رو شدند. مثل این پروژه را روی گل رز هم انجام دادیم.» گفتیم این عدد کم نیست که از ۱۵ هزار تا به ۲۵ عدد رسیدید؟ وی پاسخ داد: «البته این غربال‌گری برای همین است و حتی اگر یک عدد هم بماند، کافی است. بلافاصله آن درختچه مقاوم را تکثیر و بین زارعین پخش می‌کنیم. روی گل رز توانستیم یک سری گل‌های با رنگ و بازار پسندی جدید ایجاد کنیم. روی برنج کار کرده و افزایش محصول داشتیم و با پر تودهی یک‌سری ارقامی تولید کردند که مقاومت به ورس داشته باشد. وقتی زارع می‌خواهد محصولش را به صورت مکانیزه و با کمباین برداشت کند، اواخر فصل که باد و باران می‌آید و خوشه‌ها می‌خوابند، در نتیجه جلوی برداشت مکانیزه را می‌گیرد اما با استفاده از پر تودهی، ساقه‌های این‌ها ضخیم و مقاوم شده و در نتیجه برداشت مکانیزه راحت می‌شود و الان در سطح انبوه در مازندران در حال کشت انبوه است. در موز الان حدود ۷ تا ۸ رقم مقاوم را پیدا کردیم و امسال مقایسه عملکرد با موزهای بومی و تجاری گذاشته و در طرح آزمایشی مقایسه عملکرد می‌گذاریم تا مطمئن شویم درست عمل کرده‌ایم. روی نارنگی، جو، کلزا و سیب‌زمینی هم کار شده تا رقم‌های مقاوم و بازار پسند به دست بیاید.» او در مورد استقبال کشاورزان به عنوان

تریکودرمای بومی ایران است که ما آن را از محصول چغندر قند جدا کردیم. این قارچ به صورت طبیعی ترکیبات ضد قارچی و ضد باکتری در خاک تولید می‌کند و ما می‌توانیم از این قارچ به جای سم استفاده کنیم. اما نقش فن آوری هسته‌ای در این میان چیست؟ در واقع پر توگاما از طریق ایجاد جهش در ژنوم این قارچ تنوع ایجاد کرده است. ترکیبات آنزیمی و توکسینی این قارچ که کار کنترل بیولوژیک را انجام می‌دهند یا کاهش یا افزایش یافته‌اند. ما آن‌هایی که افزایش تولید آنتی‌بیوتیک‌ها را داشتند انتخاب می‌کنیم و بعد آن‌ها را مقابل پاتوژن‌های مختلف آزمایش می‌کنیم. از این قارچ‌های خاکزاد به عنوان عامل محدود کردن تولید سوپا در کشور استفاده می‌شود. قارچ دیگر رایزوکتونیاست که دامنه میزبانی آن ۵۰۰ گونه گیاهی را در بر می‌گیرد و خطرناک‌ترین این قارچ را استفاده کردیم، برای جلوگیری از گسترش قارچ‌های خطرناک که ۷۰ تا ۹۰ درصد قدرت کنترل‌کنندگی را افزایش داده است. البته هنوز به دست کشاورز نرسیده اما نتیجه کار نشان از موفقیت دارد. برنامه اصلی ما این است که اولاً دامنه پاتوژن‌ها برای دانستن بیماری‌های کنترل شونده را بیشتر می‌کنیم که در نتیجه تنوع گیاه بالاتر می‌رود و مرحله دوم این است که روی فرمولاسیون کار کنیم تا ببینیم این روی همه پی‌چ‌ها و شوری‌ها و مدت زمان نگهداری‌ها می‌تواند خود را نگهداری کند یا خیر؟ مثلاً در پسته باید تغییراتی بدهیم تا قابلیت عملکرد در خاک‌های شور و کم آب را داشته باشد. الان در مرحله فرمولاسیون در روی ۶ گیاه مختلف در گلخانه تست کردیم که شامل سوپا، گوجه فرنگی، خیار، کلزا، لوبیا و چغندر قند هستند. او این نکته را نیز ناگفته نمی‌گذارد که قارچ تریکودرما هیچ اثر بیماری‌زا روی انسان و پستانداران خونگرم و ماهی و حشرات ندارد و در تست‌های انجام شده تاکنون هیچ نکته منفی مشاهده نشده است. گویا هم‌اکنون مشابه این مواد از خارج کشور وارد می‌شوند اما به علت هماهنگ نبودن با آب و خاک کشورمان، کشاورزان راضی نبوده و خیلی مناسب نیستند.»

### ❖ پر تودهی، قلب مرکز کشاورزی هسته‌ای

وی اضافه می‌کند: «تا این جا هر چه گفتیم در یک نکته مشترک بودند و آن هم پر تودهی؛ یعنی اگر جایی ماده‌زایی می‌شود با پر تودهی روی اسپرم و اگر جایی حشره‌ای عقیم می‌شود با پرتوتایی روی سفیره و اگر قارچی توان ضد میکروبی پیدا می‌کند با پر توگاما حال باید دید که این پر تودهی کجا و چگونه صورت می‌گیرد؟ دستگاه‌های پر تودهی بر اساس نوع کاربردشان تقسیم می‌شوند، یکی دستگاه پر تودهی تجاری و یکی هم دستگاه پر تودهی تحقیقاتی و اساس این شکل‌گیری هم به خاطر حجم نمونه‌ای است که می‌توان در آن پر تودهی کرد.» همراه با مسئول پر تودهی در پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای به زیرزمینی می‌رویم که آزمایشگاهی در آن قرار دارد و درون یکی از اتاق‌ها که کاملاً بسته و ایزوله به نظر می‌رسد، دستگاهی مدور و فلزی قرار گرفته که همان دستگاه پر تودهی این مرکز است، او توضیح می‌دهد: «این دستگاه تحقیقاتی است چون میزان نمونه پر تودهی به اندازه یک بشر آزمایشگاهی کوچک در استوانه‌ای فلزی قرار می‌گیرد و بازوهایی که درون دستگاه تعبیه شده‌اند با کمک شاسی‌های روی دستگاه به سمت پایین حرکت می‌کنند. یک حفاظ سربی دور آن را فرا گرفته و نمونه به داخل دستگاه استوانه‌ای شکل که دور تا دور آن میله‌های قلمی شکل از جنس کبالت ۶۰ هستند، می‌رود. کبالت ۶۰ یک عنصر رادیو ایزوتوپ است و بر اساس خاصیتی که دارد از خودش پر توگاما ساطع می‌کند. این نمونه در معرض پر توگاما قرار می‌گیرد و بر اساس زمانی که اجازه می‌دهیم این



می‌توان با استفاده از ردیاب‌های هسته‌ای مثل اکسیژن ۱۸ و دوتریوم سن آب‌های زیرزمینی و مکان و میزان سفره‌های آب زیرزمینی و منشأ آن‌ها را به دست آورد، یا این که اگر تغذیه نمی‌شوند، چگونه باید آن منابع را مدیریت کرد.

❖ در ختجه‌های موز که مورد پر تودهی قرار گرفته‌اند

